

Analisis Kekuatan Tekan Selubung Komposit Laminat *E-glass* pada Beton Kolom Silinder dengan Metode *Vacuum Bagging*

Doni Alfiah Siregar¹, Achmad Jusuf Zulfikar^{2*}, M. Yusuf Rahmansyah Siahaan³,
Rakhmad Arief Siregar⁴

^{1,2,3,4}. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area

Telp . . (061) 7360168 Fax. (061) 7368012

*Email: zulfikar@staff.uma.ac.id

ABSTRACT

This study aims to obtain the average compressive strength of cylindrical column concrete specimens reinforced with an e-glass fiber laminate composite wrap based on variations in the number of wraps. In addition, in this study, the compressive strength and damage patterns will be analyzed to obtain the performance of the sheath in the concrete structure. The test specimens were molded according to the ASTM C39 standard with a diameter of 50 mm and a length of 150 mm. The process of applying laminated composite wrap to concrete specimens is carried out using the vacuum bagging method. The compressive strength test on the specimen is carried out by providing an axial load on the specimen until it failures. The results obtained are that the compressive strength of the specimen has increased significantly due to the provision of e-glass fiber wrap. A significant increase in the compressive strength of concrete specimens occurred in 3 layers of e-glass fiber wrap which reached more than 60%. Furthermore, the ability of the e-glass fiber wrap in protecting the cylindrical concrete structure due to the applied load also experienced an increase in performance in the 2 and 3 layers of the e-glass fiber wrap.

Keywords: *Laminate composite wrap, cylindrical column concrete, e-glass fiber, vacuum bagging, compressive strength*

PENDAHULUAN

Selama berabad-abad, beton merupakan bahan utama dari suatu konstruksi bangunan ataupun instalasi di Industri maupun rumah tangga. Bahan ini memiliki kekuatan tekan yang cukup baik sehingga banyak diaplikasikan sebagai konstruksi beam atau kolom penguat bangunan. Akan tetapi, bahan ini memiliki kelemahan pada penurunan daya tahannya akibat perubahan cuaca dan lingkungan, suhu, dan kondisi beban yang ditopangnya [1]. Meskipun demikian, bahan beton memiliki umur pakai yang lebih lama (mencapai hingga lebih dari 50 tahun) dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya [2].

Pada umumnya, kerusakan yang terjadi pada beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu udara, beban eksternal, bahan kimia, dan korosi internal dalam struktur beton itu sendiri [3]. Kerusakan ini dapat menyebabkan putusnya ikatan antara agregat-agregat beton dan berdampak langsung pada melemahnya kekuatan beton. Jenis-jenis kerusakan beton yang umum ditemukan antara lain *scalling*, *spalling*, *curling*, dan *cracking* [4]. Lebih lanjut, dampak jenis-jenis kerusakan beton tersebut ditemukan pada permukaan beton yang akan terlihat pecah-pecah sehingga mengurangi estetika bangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan perbaikan sehingga dapat meremajakan kembali konstruksi beton dan tidak membahayakan penghuni pada suatu bangunan atau instalasi.

Beberapa penyelidikan telah dilakukan terkait dengan perbaikan kolom beton. Fakharifar, dkk (2016) telah melakukan penyelidikan mengenai perbaikan beton kolom berbentuk silinder dengan menggunakan metode prestressed steel jacket [5]. Hasil dari penyelidikan tersebut ialah kekuatan ultimate dan keliatan perpindahan pada kolom yang rusak tersebut mengalami peningkatan hingga berturut-turut 115 % dan 140 %. Sudhakar dkk (2017) telah melaksanakan penyelidikan tentang pemberian selubung serat kaca jenis e-glass pada kolom beton berpenampang persegiempat dengan metode Hand Lay-up [6]. Hasilnya diperoleh peningkatan kekuatan tekan beton kolom

persegiempat tersebut hingga mencapai 30 %. Yu dkk (2018) telah melakukan penyelidikan terhadap struktur beton kolom berbentuk silinder dengan menggunakan selubung dari bahan serat karbon (CFRP) [7]. Hasilnya diperoleh pemberian selubung serat CFRP secara efektif terbukti meningkatkan performa struktur beton dari kekuatan ultimate dan duktilitasnya.

Komposit adalah material dengan dua atau lebih konstituen atau fase yang berbeda yang memiliki sifat fisik atau kimia yang berbeda, yang dibangun menjadi arsitektur kompleks pada tingkat skala mikro, meso, atau makro [8]. Pengembangan dan penerapan bahan tunggal seperti logam, keramik dan polimer telah menyebabkan terjadinya kombinasi bahan-bahan tersebut dalam membentuk suatu jenis bahan komposit sintetis [9][10]. Pengembangan material komposit juga telah memperkaya sistem pengolahan material modern dan berkontribusi pada kemajuan yang berkelanjutan dalam ilmu dan teknik material [11]. Berdasarkan bahan penguatnya, komposit dibedakan atas tiga jenis, yaitu komposit dengan penguat alami, sintetis, dan hibrid. Pada umumnya, bahan penguat alami tidak memiliki kekuatan yang cukup baik terhadap berbagai jenis beban yang diberikan. Hal ini telah dilaporkan dalam beberapa laporan hasil studi bahan-bahan ini [12][14]. Oleh karena itu, untuk mendapatkan bahan yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan, maka bahan penguat hibrid menjadi salah satu pilihan alternatif yang berpotensi berkembang lebih jauh lagi [15].

Bahan serat kaca jenis e-glass ialah bahan sintetis yang paling banyak ditemui dan memiliki harga jual yang relatif lebih murah dibandingkan dengan jenis sintetis lainnya. Karakteristik bahan ini diperlihatkan pada tabel 1. Bahan ini memiliki sifat tahan cuaca, tahan panas, tahan air, rapat masa yang sangat rendah, dan modulus elastisitas yang tinggi. Sebaliknya, bahan ini tidak begitu tahan terhadap korosi yang diakibatkan oleh asam atau alkali. Oleh karena itu, untuk mendapatkan kekuatan dan ketahanan mekanis yang baik maka bahan ini selalu dikombinasikan dengan bahan matrik [16], [17].

Tabel 1. Karakteristik mekanik serat kaca jenis e-glass [17]

| Parameter | Satuan | Besaran |
|----------------------------|----------------------------|---------|
| Diameter | μm | 12 |
| Rapat Massa | g/cm^3 | -2.54 |
| Koefisien Ekspansi Thermal | $\times 10^{-6} \text{ K}$ | -5.0 |
| Young's modulus | GPa | 72.4–76 |
| Kekuatan Tarik | GPa | 3.6 |
| Poisson's ratio | | 0.21 |

Dalam penelitian ini, serat e-glass akan digunakan sebagai selubung penguat beton kolom silinder (BKS) yang selanjutnya disebut dengan Beton Kolom Silinder Selubung e-Glass (BKSSG). Tujuan penelitian ini ialah mendapatkan kekuatan tekan rata-rata spesimen BKS dan BKSSG pada masing-masing variasi jumlah selubung, analisis kekuatan tekannya, dan efektifitas pemakaian selubung serat e-glass melalui pengamatan terhadap pola kerusakannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan bahan agregat beton yang terdiri dari semen, pasir, dan kerikil dengan komposisi berat 1:2:3 berdasarkan standar SNI 03–2847–2002 [18]. Semen menggunakan jenis Portland Komposit SNI 7064 2014 yang dibeli di toko bahan bangunan, Medan, Sumatera Utara. Sedangkan pasir dan kerikil dibeli dari pengusaha bahan galian C di daerah Binjai, Sumatera Utara. Bahan selubung menggunakan serat kaca jenis e-glass dengan perekat dari resin epoxy jenis *Bisphenol A-Epichlorohydrin* yang dibeli di toko bahan kimia yang berada di kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

Dalam penelitian ini, spesimen BKS dicetak berdasarkan standar uji ASTM C39 dengan ukuran diameter 50 mm dan panjang 150 mm. Setelah proses pembongkaran dari cetakan,

spesimen direndam selama 7 hari dalam air bersih dan selanjutnya dikeringkan di udara terbuka selama 28 hari. Selama proses pengeringan, perubahan massa spesimen diukur menggunakan timbangan digital dan dicatat untuk mendapatkan beratnya yang stabil.

Spesimen BKS diselubungi dengan serat e-glass dengan variasi 1 hingga 3 lapis dan pada tiap lapisnya dicetak 3 spesimen (replikasi). Sebagai perbandingan, disediakan 3 spesimen tanpa diberi selubung serat e-glass. Proses penyelubungan dikerjakan dengan metode *vacuum bagging* untuk meminimalisir terjadi porositas pada selubung akibat gelembung udara, seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pemberian selubung serat e-glass pada spesimen uji ASTM C39: (a) Kondisi vakum, dan (b) setelah selubung mengeras

Pengujian tekan dikerjakan menggunakan alat uji Universal Testing Machine (UTM) jenis Hydraulic UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN. Spesimen BKSSG diletakkan pada posisi tegak lurus terhadap dudukan landasan dan sejajar dengan sumbu pembebanan. Laju pembebanan selama pengujian diatur pada kecepatan 0,1 mm/min.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian tekan diperlihatkan pada tabel 2. Berdasarkan data-data hasil pengujian tersebut, kekuatan tekan rata-rata pada 1 lapis selubung e-glass ialah 18,28 MPa, 2 lapis selubung e-glass ialah 24,33 MPa, dan 3 lapis selubung e-glass adalah 26,58 MPa. Sementara untuk spesimen BKS tanpa selubung e-glass memiliki kekuatan tekan rata-rata ialah sebesar 15,96 MPa. Berdasarkan data-data tersebut, kekuatan tekan spesimen BKSSG mengalami peningkatan hingga 67 % akibat penerapan selubung serat e-glass dipermukaannya, yaitu pada 3 lapis selubung serat e-glass.

Kekuatan tekan rata-rata pada spesimen tanpa selubung dengan 1 lapis selubung serat e-glass memiliki besaran nilai yang hampir sama, dimana spesimen dengan 1 lapis selubung e-glass lebih tinggi sekitar 15 %, dari tanpa selubung. Apabila diperhatikan pada nilai pengujian pada masing-masing replikasi maka nilai kekuatan tekan juga berada pada jangkauan nilai yang sama, yaitu 15 – 20 MPa. Dengan demikian, pemberian selubung serat e-glass 1 lapis tidak memberikan dampak peningkatan yang cukup signifikan terhadap kekuatan tekan BKSSG. Sebaliknya, kekuatan tekan BKSSG mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada pemberian selubung serat e-glass

sebanyak 2 dan 3 lapis, yaitu meningkat hingga 50 % pada 2 lapis serat e-glass dan hingga 60 % pada 3 lapis serat e-glass.

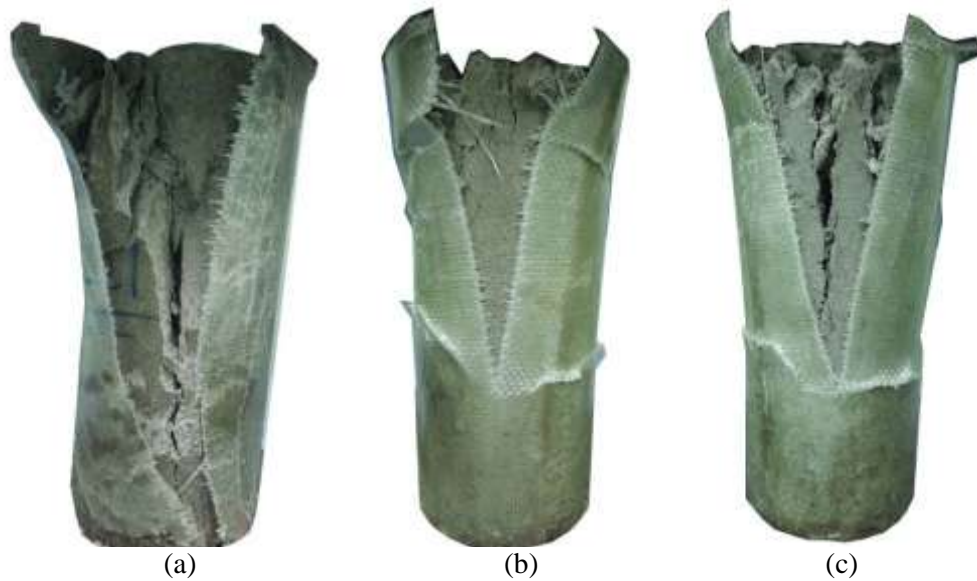
Tabel 2. Data hasil uji tekan spesimen uji BKSSG

| Jlh. Selubung | Replikasi | σ_y (MPa) | Std. Deviasi (MPa) | $\bar{\sigma}_y$ (MPa) |
|---------------|-----------|------------------|--------------------|------------------------|
| 0 | 1 | 15.94 | 0.81 | 15.96 |
| | 2 | 16.78 | | |
| | 3 | 15.16 | | |
| 1 | 1 | 18.18 | 2.09 | 18.28 |
| | 2 | 16.23 | | |
| | 3 | 20.42 | | |
| 2 | 1 | 25.42 | 1.76 | 24.33 |
| | 2 | 22.30 | | |
| | 3 | 25.28 | | |
| 3 | 1 | 29.43 | 2.95 | 26.58 |
| | 2 | 26.76 | | |
| | 3 | 23.53 | | |

Akan tetapi, kekuatan ini masih jauh dibawah kekuatan tekan spesimen BKS yang ditingkatkan dengan menggunakan metode steel jacket [5] dan selubung CFRP [7]. Pada kedua metode ini, kekuatan tekan rata-rata spesimen meningkat hingga mencapai 40 MPa. Akan tetapi, aplikasi kedua metode ini memerlukan perlengkapan yang banyak dan rumit serta biaya pekerjaan yang cukup mahal jika dibandingkan dengan penggunaan serat e-glass. Selanjutnya, kekuatan maksimum struktur BKS pada penyelidikan yang telah dilaporkan oleh Sudhakar dkk (2017) ialah rata-rata sebesar 10,8 MPa. Hasil ini lebih kecil apabila dibandingkan dengan hasil penelitian ini, yaitu rata-rata maksimum 26 MPa. Kedua penelitian ini sama-sama menggunakan bahan selubung dari serat e-glass tetapi metode pembuatan spesimennya berbeda. Dengan demikian, metode pembuatan secara *vacuum bagging* menghasilkan peningkatan kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan metode *hand lay-up*.

Pola kerusakan yang terjadi pada spesimen BKSSG diperlihatkan pada gambar 2. Berdasarkan hasil pengamatan, pola kerusakan yang terjadi pada 1 lapis selubung serat e-glass tidak mampu menahan beban tekan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan putusya seluruh selubung serat e-glass yang melindungi spesimen BKS tersebut seperti diperlihatkan pada gambar 2.(a). Sebaliknya, pola kerusakan selubung pada jumlah lapisan 2 dan 3 serat e-glass menunjukkan bahwa 60 % dari panjang selubung yang mengalami putus seperti diperlihatkan pada gambar 2.(b) dan 2.(c). Dengan demikian, kemampuan selubung serat e-glass akan mulai menunjukkan performanya apabila diberikan selubung serat e-glass lebih dari 1 lapis.

Berdasarkan hasil pengujian dan juga dari hasil pengamatan pola kerusakan spesimen BKSSG diperoleh bahwa bahan serat e-glass memiliki potensi yang cukup baik apabila diterapkan sebagai bahan selubung konstruksi BKS. Pemberian selubung ini akan menyebabkan terjadinya peningkatan kekuatan tekan hingga 60 % dan juga melindungi permukaan BKS dari pengaruh beban langsung ke permukaannya.



Gambar 2. Pola kerusakan pada spesimen BKSSG akibat beban tekan: (a) 1 lapis selubung serat, (b) 2 lapis selubung serat, dan (c) 3 lapis selubung serat

KESIMPULAN

Kekuatan tekan rata-rata spesimen BKS dan BKSSG dari hasil pengujian secara eksperimental sebagai berikut: pada 1 lapis selubung e-glass ialah 18,28 MPa, 2 lapis selubung e-glass ialah 24,33 MPa, dan 3 lapis selubung e-glass adalah 26,58 MPa. Sedangkan untuk spesimen BKS tanpa selubung e-glass memiliki kekuatan tekan rata-rata ialah sebesar 15,96 MPa. Kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada jumlah selubung serat e-glass sebanyak 3 lapis, yaitu 29,43 MPa. Berdasarkan analisis data hasil uji diperoleh bahwa peningkatan kekuatan tekan spesimen BKS akibat penerapan selubung serat e-glass akan terjadi pada jumlah selubung lebih dari 1 lapis. Pada penerapan 2 lapis dan 3 lapis selubung serat e-glass, kekuatan tekan BKSSG mengalami peningkatan yang cukup signifikan, yaitu 50 sampai dengan 60 % secara berturut-turut. Berdasarkan hasil pengamatan pola kerusakan yang terjadi, efektifitas selubung serat e-glass juga terjadi pada jumlah selubung sebanyak 2 dan 3 lapis. Pada jumlah lapisan-lapisan tersebut, selubung e-glass masih mampu menahan hingga 40 % dari total panjang spesimen BKS. Dengan demikian, pemberian selubung serat e-glass pada BKS memiliki potensi yang cukup baik dalam meningkatkan kekuatan tekan dan juga memperpanjang umur pakainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. X. D. Lee, H. S. Wong, and N. R. Buenfeld, "Cement and Concrete Research Self-sealing of cracks in concrete using superabsorbent polymers," *Cem. Concr. Res.*, 2015.
- [2] M. Alexander and H. Beushausen, "Cement and Concrete Research Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures – review and critique," *Cem. Concr. Res.*, vol. 122, no. February, pp. 17–29, 2019.
- [3] K. Kovler and V. Chernov, "Types of damage in concrete structures," in *Failure, distress and repair of concrete structures*, Woodhead Publishing Limited, 2009, pp. 32–56.
- [4] M. Hedayati, M. Sofi, P. A. Mendis, and T. Ngo, "A Comprehensive Review of Spalling and Fire Performance of Concrete Members," *Electron. J. Struct. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 8–34, 2015.
- [5] M. Fakharifar, G. Chen, C. Wu, A. Shamsabadi, M. A. Elgawady, and A. Dalvand, "Rapid Repair of Earthquake-Damaged RC Columns with Prestressed Steel Jackets," *J. Bridg. Eng.*, vol. 75, pp. 1–15, 2016.
- [6] R. Sudhakar and P. Partheeban, "Strengthening of RCC Column Using Glass Fibre

- Reinforced Polymer,” vol. 12, no. 14, pp. 4478–4483, 2017.
- [7] Q. Yu, X. Li, and X. Gu, “Durability of concrete with CFRP wrapping,” vol. 09009, pp. 1–5, 2018.
- [8] R. M. Jones, *Mechanics of Composite Materials*, 2nd ed. Taylor & Francis, 1999.
- [9] E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design*, vol. 0268, no. June. 2016.
- [10] M. Y. Yuhazri, A. J. Zulfikar, and A. Ginting, “Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review,” in *Materials Science and Engineering*, 2020, p. 13.
- [11] A. J. Zulfikar, “The Flexural Strength of Artificial Laminate Composite Boards made from Banana Stems,” *Budapest Int. Res. Exact Sci. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 334–340, 2020.
- [12] A. J. Zulfikar, B. Umroh, and Siahaan, “Design and Manufacture of Skateboard From Banana Stem,” *JMEMME (Journal Mech. Enggineering, Manuf. Mater. Energy)*, vol. 3, no. 02, pp. 109–116, 2019.
- [13] A. J. Zulfikar, M. Y. R. Siahaan, and R. B. Syahputra, “Analisis Signifikansi Roda Skateboard Berbahan Komposit Serbuk Batang Pisang Terhadap Perfoma Kecepatan Dengan Metode Anova,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 83–90, 2021.
- [14] A. Rahmansyah, A. J. Zulfikar, and B. Umroh, “Manufacture of Water Pipe From Clamshell Powder Materials,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 2, no. 2, pp. 73–77, 2018.
- [15] A. J. Zulfikar, B. Umroh, and M. Y. R. Siahaan, “Investigation of Mechanical Behavior of Polymeric Foam Materials Reinforced by Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Fibers Due to Static and Dynamic Loads,” *J. Mech. Enggineering, Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 01, pp. 10–19, 2019.
- [16] M. R. Sanjay and B. Yogesha, “Studies on Mechanical Properties of Jute / E-Glass Fiber Reinforced Epoxy Hybrid Composites,” *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 4, no. January, pp. 15–25, 2016.
- [17] X. Yi, S. Du, and L. Zhang, *Composite Materials Engineering*, vol. 1. Beijing: Chemical Industry Press, 2018.
- [18] S. Tim, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*, 1st ed. STANDAR NASIONAL INDONESIA, 2002.